



21 Aktenzeichen: 197 22 598.5  
22 Anmeldetag: 29. 5. 97  
43 Offenlegungstag: 3. 12. 98

71 Anmelder:  
AEG Energietechnik GmbH, 60528 Frankfurt, DE  
74 Vertreter:  
Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker, 70188  
Stuttgart

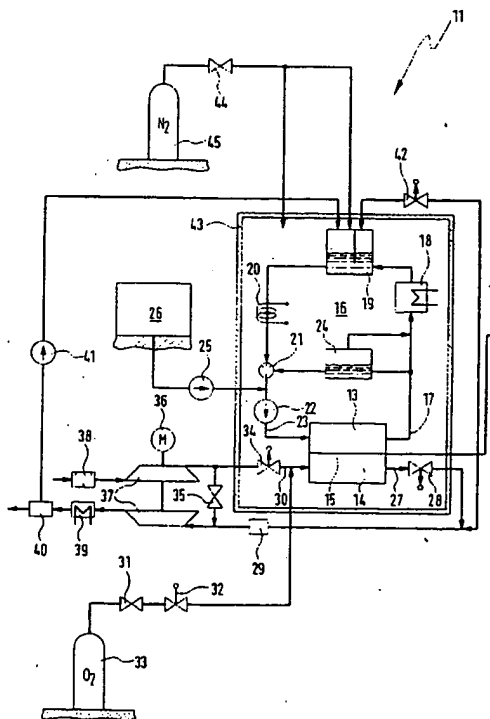
72 Erfinder:  
Berg, Norbert, Dr.-Ing., 64295 Darmstadt, DE; Filip,  
Gerhard, Dr.-Ing., 61476 Kronberg, DE; Kohlstruck,  
Bernd, Dipl.-Ing., 61267 Neu-Anspach, DE; Lamm,  
Arnold, Dr.-Ing., 89275 Elchingen, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:  
DE 195 38 381 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Brennstoffzellensystem

57 Es ist ein Brennstoffzellensystem (11) beschrieben, das mit einem Anodenraum (13) und einem Kathodenraum (14) versehen ist, die durch eine protonenleitende Membran (15) voneinander getrennt sind. Im Betriebszustand des Brennstoffzellensystems (11) ist dem Anodenraum (13) ein Brennstoff, insbesondere ein Wasser/Methanol-Gemisch, und dem Kathodenraum (14) ein Oxidator, insbesondere Sauerstoff, zuführbar. In einem Bereitschaftszustand ist der Kathodenraum (14) nicht durchströmbar und der Oxidator ist in dem Kathodenraum (14) vorhanden. Auf diese Weise kann das Brennstoffzellensystem (11) als Kombination einer unterbrechungsfreien Stromversorgung und eines Notstromaggregats eingesetzt werden.



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem sowie ein Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems, mit einem Anodenraum und einem Kathodenraum, die durch eine protonenleitende Membran voneinander getrennt sind, wobei im Betriebszustand dem Anodenraum ein Brennstoff, insbesondere ein Wasser/Methanol-Gemisch, und dem Kathodenraum ein Oxidator, insbesondere Sauerstoff, zuführbar ist. Des weiteren betrifft die Erfindung eine Anordnung zur unterbrechungsfreien Stromversorgung mindestens eines elektrischen Verbrauchers, dessen Energie im Normalfall einem Wechselspannungsnetz und bei Ausfall des Wechselspannungsnetzes einem Brennstoffzellensystem entnehmbar ist.

Aus der deutschen Patentanmeldung P 195 38 381 ist eine Anordnung zur unterbrechungsfreien Stromversorgung elektrischer Verbraucher bekannt, bei der bei einem Netzausfall eine sogenannte PEM-Brennstoffzelle (Polymer-Elektrolyt-Membran) die Stromversorgung der Verbraucher übernimmt.

Zu diesem Zweck wird der Brennstoffzelle ein Brennstoff und ein Oxidator über Zuleitungen zugeführt. In diesen Zuleitungen sind Ventile enthalten, die im Bereitschaftszustand der Brennstoffzelle, also bei intaktem Wechselspannungsnetz, geschlossen sind. Im Bereitschaftszustand der Brennstoffzelle gelangt somit kein Brennstoff und kein Oxidator in die Brennstoffzelle. Bei einem Netzausfall werden die Ventile geöffnet und der Brennstoff sowie der Oxidator werden der Brennstoffzelle zugeführt. Die Brennstoffzelle geht damit in ihren Betriebszustand über. In diesem Betriebszustand reagiert der Brennstoff und der Oxidator in der Brennstoffzelle, wodurch elektrische Energie erzeugt wird.

Der Übergang von dem Bereitschaftszustand in den Betriebszustand der Brennstoffzelle wird also mit Hilfe von Ventilen durchgeführt. Derartige Ventile, insbesondere elektromagnetisch betätigte Ventile, haben eine Ansprechzeit von mindestens etwa 100 ms. Ein Netzausfall kann somit erst nach einer Ausfallzeit von etwa 100 ms kompensiert werden.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Brennstoffzellensystem sowie ein Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems sowie eine Anordnung zur unterbrechungsfreien Stromversorgung zu schaffen, mit dem bzw. mit der eine unter 100 ms liegende Ausfallzeit erreichbar ist.

Diese Aufgabe wird bei einem Brennstoffzellensystem bzw. bei einem Verfahren der eingangs genannten Art durch die Erfindung dadurch gelöst, daß in einem Bereitschaftszustand der Kathodenraum nicht durchströmbar ist und der Oxidator in dem Kathodenraum vorhanden ist. Vorzugsweise steht der Oxidator dabei unter Druck an der Membran an.

Der Oxidator ist somit auch im Bereitschaftszustand, also bei intaktem Wechselspannungsnetz, in dem Kathodenraum vorhanden. Bei Netzausfall ist es also nicht – wie beim Stand der Technik – erforderlich, zuerst ein Ventil zu öffnen, um den Oxidator dem Kathodenraum zuzuführen. Statt dessen ist der Oxidator bereits in dem Kathodenraum vorhanden und das Brennstoffzellensystem kann somit ohne jegliche Verzögerung die Stromversorgung der Verbraucher übernehmen.

Durch die Erfindung wird somit erreicht, daß die Ausfallzeit zwischen dem Ausfall des Wechselspannungsnetzes und der Übernahme durch das Brennstoffzellensystem wesentlich kleiner ist als 100 ms. Das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem kann deshalb vorzugsweise in einer Anordnung zur unterbrechungsfreien Stromversorgung von elektrischen Verbrauchern verwendet werden.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der Kathodenraum mit einer Kathodenableitung verbunden, die mit einem Sperrglied, insbesondere einem Magnetventil, versehen ist, das in dem Bereitschaftszustand geschlossen ist. Auf diese Weise kann der Kathodenraum im Bereitschaftszustand zumindest einseitig abgeschlossen werden, so daß der Oxidator einerseits im Kathodenraum vorhanden ist, andererseits aber nicht durch den Kathodenraum hindurchströmen kann. Im Betriebszustand ist das Sperrglied geöffnet, so daß dann der Oxidator durch den Kathodenraum hindurchströmt und eine permanente Reaktion des Brennstoffs und des Oxidators stattfinden kann.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist der Kathodenraum mit einer ersten Kathodenzuleitung verbunden, die über ein Sperrglied, insbesondere ein Magnetventil, und/oder einen Druckminderer mit mindestens einem mit dem Oxidator gefüllten Tank oder dergleichen verbunden ist. Dies stellt eine besonders einfache und kostengünstige Art dar, den Oxidator während des Bereitschaftszustands zur Verfügung zu stellen.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist der Kathodenraum mit einer zweiten Kathodenzuleitung verbunden, die über ein Sperrglied, insbesondere ein Magnetventil, mit einem ein Gas, insbesondere Luft, ansaugenden Kompressor oder dergleichen verbunden ist. Auf diese Weise ist es möglich, in dem Betriebszustand den Oxidator insbesondere nicht mehr aus dem Tank zu entnehmen, sondern in einfacher Weise beispielsweise aus der Luft anzusaugen.

Der Oxidator wird also zuerst aus einem Tank dem Kathodenraum zugeführt, um dann ein Gas, insbesondere Luft, in den Kathodenraum anzusaugen. Der in dem Tank enthaltene Oxidator wird dadurch im Betriebszustand des Brennstoffzellensystems nicht verbraucht, so daß ein Auffüllen oder ein Wechsel des Tanks nur selten erforderlich ist.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist in dem Bereitschaftszustand der Brennstoff in dem Anodenraum vorhanden. Vorzugsweise steht der Brennstoff unter Druck an der Membran an.

Dabei kann der Brennstoff entweder statisch in dem Anodenraum vorhanden sein, oder es ist möglich, daß der Brennstoff intervallartig oder andauernd durch den Anodenraum hindurchströmt. Wesentlich ist nur, daß der Brennstoff in dem Anodenraum vorhanden ist und damit an der Membran ansieht.

Der Brennstoff ist somit auch im Bereitschaftszustand, also bei intaktem Wechselspannungsnetz, in dem Anodenraum vorhanden. Bei Netzausfall ist es also – wie beim Stand der Technik – erforderlich, zuerst ein Ventil zu öffnen, um den Brennstoff in den Anodenraum zuzuführen. Statt dessen ist der Brennstoff bereits in dem Anodenraum vorhanden und das Brennstoffzellensystem kann somit ohne jegliche Verzögerung die Stromversorgung der Verbraucher übernehmen.

Durch die Erfindung wird somit ein Brennstoffzellensystem zur Verfügung gestellt, bei dem im Bereitschaftszustand, also bei intaktem Wechselspannungsnetz, der zumindest einseitig abgeschlossene Kathodenraum mit dem Oxidator gefüllt wird und damit der Oxidator in dem Kathodenraum vorhanden ist, und der Anodenraum mit dem Brennstoff gefüllt wird und damit der Brennstoff in dem Anodenraum vorhanden ist. Dies hat zur Folge, daß das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem bereits im Bereitschaftszustand eine Ruhe-Spannung erzeugt.

Aufgrund des nicht-durchströmabaren Kathodenraums würde das Brennstoffzellensystem bei einer angeschlossenen Last, also beispielsweise nach einem Netzausfall, jedoch nur kurzzeitig einen Strom liefern können. Dies wird

dadurch vermieden, daß für einen Übergang von dem Bereitschaftszustand in den Betriebszustand der Kathodenraum geöffnet und der Oxidator dem Kathodenraum zugeführt wird. Der Kathodenraum ist somit nicht mehr abgeschlossen und der Oxidator kann nunmehr durch den Kathodenraum hindurchströmen. Es kann somit fortwährend die elektrochemische Reaktion in der Brennstoffzelle stattfinden, so daß auch fortwährend ein Strom erzeugt wird. In diesem Betriebszustand kann dann das Brennstoffzellensystem das ausgefallene Wechselspannungsnetz ersetzen.

Der für das Öffnen des Sperrglieds erforderliche Zeitraum beträgt bei elektromagnetisch betätigten Ventilen, wie bereits erläutert, etwa 100 ms. Dieser Zeitraum kann durch eine entsprechende Auslegung, insbesondere durch ein entsprechendes Volumen des Anodenraums und des Kathodenraums, und damit durch eine entsprechende Reaktion des im Anodenraum und Kathodenraum vorhandenen Brennstoffs und Oxidators überbrückt werden. Die genannte Ansprechzeit von etwa 100 ms stellt deshalb bei der Erfindung kein Problem dar, weil in diesem Zeitraum, wie gesagt, eine ausreichende Reaktion bereits stattfinden kann, während beim Stand der Technik während des Öffnens der Ventile systembedingt gar keine Reaktion vorhanden sein kann.

Durch den auf den Kathodenraum und den Anodenraum ausgeübten Druck, der vorzugsweise etwa gleich groß ist und beispielsweise etwa 2 bar beträgt, wird erreicht, daß keine transmembrane Druckdifferenz vorhanden ist und somit keine Schäden an der Membran auftreten können.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der Anodenraum zur Zuführung des Brennstoffs mit einem Anodenkreislauf verbunden. Besonders zweckmäßig ist es, wenn der Anodenkreislauf mit einer Pumpe und einer Heizung versehen ist. Damit ist es auf einfache Weise möglich, daß der Brennstoff durch den Anodenraum hindurchströmt. Des weiteren kann die Brennstoffzelle im Bereitschaftszustand auf einfache Weise auf einer gewünschten Temperatur gehalten werden.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung steht der Anodenkreislauf unter einem Druck, insbesondere unter einem Stickstoffdruck. Der Brennstoff wird also unter einem permanenten Druck an der Membran anstehend erzeugt. Dadurch wird die Reaktion des Brennstoffs und des Oxidators verbessert, mit der Folge, daß das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem besonders schnell von dem Bereitschaftszustand in den Betriebszustand übergehen kann. Des weiteren wird durch den auf den Anodenkreislauf ausgeübten Druck erreicht, daß Methanolverluste aufgrund eines Kohlendioxidaustrags wesentlich reduziert werden.

Entsprechend kann der Oxidator unter einem Druck an der Membran anstehend erzeugt werden. Auch dadurch wird die Reaktion des Brennstoffs und des Oxidators verbessert.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung sind der Anodenraum und der Kathodenraum in einem gasdichten und gegebenenfalls zusätzlich wärmedichten Gehäuse untergebracht. Auf diese Weise wird erreicht, daß die Temperatur des Brennstoffs in dem Anodenkreislauf nur wenig äußeren Einflüssen ausgesetzt ist und sich deshalb insbesondere im Bereitschaftszustand nur geringfügig verringert. Besonders zweckmäßig ist es, wenn das Gehäuse unter einem Druck steht, insbesondere unter einem Stickstoffdruck. Damit werden Leckagen des Anodenraums und/oder des Kathodenraums weitgehend unterdrückt. Des weiteren wird durch den Stickstoffdruck ein Sieden des flüssigen Brennstoffs, insbesondere ein Sieden des Methanol/Wasser-Gemischs im Anodenkreislauf vermieden.

Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in

den Figuren der Zeichnung dargestellt sind. Dabei bilden alle beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung.

Fig. 1 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Anordnung zur unterbrechungsfreien Stromversorgung mindestens eines elektrischen Verbrauchers; und

Fig. 2 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems zur Verwendung in der Anordnung nach der Fig. 1.

In der Fig. 1 ist eine Anordnung 1 zur unterbrechungsfreien Stromversorgung mindestens eines elektrischen Verbrauchers dargestellt. Eine derartige Anordnung kann beispielsweise als sogenannte unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) in einem Rechenzentrum oder dergleichen vorgesehen sein. Die Verbraucher, also beispielsweise die in dem Rechenzentrum vorhandenen elektrischen Geräte, sind im Normalfall an ein Wechselspannungsnetz angeschlossen. Bei dessen Ausfall übernimmt dann die Anordnung 1 die Stromversorgung der Verbraucher. Üblicherweise wird von der Anordnung 1 dabei verlangt, daß eine Übernahme der Stromversorgung innerhalb weniger Millisekunden möglich ist.

In der Fig. 1 sind eine Mehrzahl von elektrischen Verbrauchern 2 durch Widerstandssymbole dargestellt. Die Verbraucher 2 sind über einen gemeinsamen Bypass-Schalter 3 an einen schnell schaltenden Schalter 4 angeschlossen. Der Bypass-Schalter 3 kann von Hand betätigbar sein. Bei dem Schalter 4 kann es sich um ein kontaktloses Schaltelement, beispielsweise um antiparallel geschaltete Thyristoren oder dergleichen handeln.

Der Eingang des Schalters 4 ist über eine Drossel 5 mit einem Wechselspannungsnetz 6 verbunden. Des weiteren sind ein erster und gegebenenfalls weitere Wechselrichter 7 vorgesehen, die zueinander parallel geschaltet sind, und die mit dem verbraucherseitigen Ausgang des Schalters 4 verbunden sind.

Zwischen das Wechselspannungsnetz 6 und den Wechselrichter 7 ist ein Hilfsgleichrichter 8 geschaltet, der die Leerlaufverluste des Wechselrichters 7 abdeckt. Des weiteren speist der Hilfsgleichrichter 8 ein Steuergerät 9, das mit dem Steuereingang des Schalters 4 verbunden ist.

Die Eingangsgleichrichter der Wechselrichter 7 sind mit einer gegen Masse geschalteten Kapazität 10 sowie einem Brennstoffzellensystem 11 verbunden, letzteres über eine elektrische Leitung 12.

Im Normalbetrieb des Wechselspannungsnetzes 6 fließt ein Strom über die geschlossenen Schalter 4 und 3 zu den Verbrauchern 2. Tritt nun im Wechselspannungsnetz 6 ein Netzausfall auf, so wird dies von dem Steuergerät 9 erkannt. Das Steuergerät 9 schaltet den Schalter 4 in seinen geöffneten Zustand. Die Stromversorgung der Verbraucher 2 wird nunmehr von dem Brennstoffzellensystem 11 über die Wechselrichter 7 übernommen. Dabei dient die Kapazität 10 zur Überbrückung des Umschaltvorgangs von dem Wechselspannungsnetz 6 zu dem Brennstoffzellensystem 11 sowie zur Glättung der von dem Brennstoffzellensystem 11 erzeugten Spannung.

In der Fig. 2 ist das Brennstoffzellensystem 11 detailliert dargestellt. Es weist einen Anodenraum 13 und einen Kathodenraum 14 auf, die von einer protonenleitenden Membran 15 getrennt sind. Der Anodenraum 13, der Kathodenraum 14 und die Membran 15 bilden eine sogenannte Di-

rektmethanol-Brennstoffzelle (DMFC), in der mittels eines elektrochemischen Prozesses elektrische Energie erzeugbar ist. Diese ist auf der elektrischen Leitung 12 in der Form einer elektrischen Spannung bzw. eines elektrischen Stroms abgreifbar.

Der Anodenraum 13 ist mit einem Anodenkreislauf 16 verbunden, der ausgehend von einer Anodenableitung 17 über einen Kühler 18, einen zweikammrigen Abscheider 19, eine Heizung 20, ein Thermostatventil 21 und eine Kühlmittelpumpe 22 mit einer Anodenzuleitung 23 verbunden ist. Ein weiterer Abscheider 24 ist einerseits an die Anodenableitung 17 angeschlossen sowie andererseits an das Thermostatventil 21.

Über eine Dosierpumpe 25 ist ein Tank 26 an den Anodenkreislauf 16 angeschlossen, und zwar vor der Kühlmittelpumpe 22.

Der Kathodenraum 14 ist über eine Kathodenableitung 27 mit einem Magnetventil 28 verbunden, das ausgangsseitig an einen katalytischen Brenner 29 angeschlossen ist. Des weiteren ist der Kathodenraum 14 über eine Kathodenzuleitung 30 sowie über einen Druckminderer 31 und ein Magnetventil 32 an einen Tank 33 angeschlossen. Die Kathodenzuleitung 30 ist ebenfalls mit einem Magnetventil 34 verbunden, das über ein Bypass-Magnetventil 35 mit der dem Magnetventil 28 abgewandten Seite des katalytischen Brenners 29 angeschlossen ist.

Die beiden Seiten des Bypass-Magnetventils 35 sind mit den Ausgängen einer von einem Motor 36 angetriebenen Kompressor-Expander-Einheit 37 verbunden. Einer der Eingänge der Einheit 37 saugt Luft über ein Filter 38 an. Der andere Eingang der Einheit 37 ist über einen Kühler 39, einen Ablauf 40 und eine Pumpe 41 an den Abscheider 19 des Anodenkreislaufs 16 angeschlossen. Dieser Abscheider 19 ist des weiteren über ein Magnetventil 42 an den katalytischen Brenner 29 angeschlossen.

Der Anodenraum 13, der Kathodenraum 14, die Membran 15, der Anodenkreislauf 16 mit der Anodenableitung 17, dem Kühler 18, dem Abscheider 19, der Heizung 20, dem Thermostatventil 21, der Kühlmittelpumpe 22, der Anodenzuleitung 23 und dem Abscheider 24, sowie die Kathodenableitung 27, das Magnetventil 28, die Kathodenzuleitung 30 und das Magnetventil 34 sind in einem Gehäuse 43 untergebracht. Das Gehäuse 43 ist gasdicht, druckfest und wärmeisolierend ausgeführt.

Über einen Druckminderer 44 ist das Gehäuse 43 mit einem Tank 45 verbunden. Des weiteren ist der Tank 45 über den Druckminderer 44 an den Abscheider 19 des Anodenkreislaufs 16 angeschlossen.

In dem Tank 33 ist Sauerstoff vorhanden, der als Oxidator vorgesehen ist. Der Tank 26 enthält Methanol, das als Brennstoff vorgesehen ist. In dem Tank 45 ist Stickstoff enthalten, der als Druckmittel vorgesehen ist. Des weiteren ist in dem Anodenkreislauf 16 Wasser als Kühlmittel vorgesehen.

Bei intaktem Wechselspannungsnetz 6 befindet sich das Brennstoffzellensystem 11 in einem Bereitschaftszustand, in dem das Magnetventil 28 geschlossen ist. Des weiteren sind die Magnetventile 34 und 42 sowie das Bypass-Ventil 35 geschlossen. Das Magnetventil 32 ist geöffnet.

Aufgrund der geschlossenen Magnetventile 28 und 34 und des geöffneten Magnetventils 32 wird der Kathodenraum 14 mit Sauerstoff aus dem Tank 33 gefüllt. Der Sauerstoff ist danach in dem Kathodenraum 14 vorhanden und steht mit einem Druck an der Membran 15 an. Der Druck ist mittels des Druckminderers 31 auf einen erwünschten Wert, beispielsweise auf 2 bar einstellbar.

Der Sauerstoff kann jedoch aufgrund des geschlossenen Magnetventils 28 nicht durch den Kathodenraum 14 hin-

durchströmen.

In dem Anodenraum 13 und in dem Anodenkreislauf 16 ist ein Methanol/Wasser-Gemisch vorhanden. Die Temperatur des Methanol/Wasser-Gemischs beträgt etwa 110 Grad. Die Kühlmittelpumpe 22, die Dosierpumpe 25 sowie die Pumpe 41 sind ausgeschaltet. Die Heizung 20 und die Kompressor-Expander Einheit 37 sind ebenfalls ausgeschaltet.

Sinkt die Temperatur des Methanol/Wasser-Gemischs mit der Zeit ab und fällt unter eine Temperatur von beispielsweise etwa 100 Grad, so wird die Heizung 20 und die Kühlmittelpumpe 22 eingeschaltet. Das Methanol/Wasser-Gemisch wird dadurch im Anodenkreislauf 16 umgepumpt und erwärmt.

Die in dem Bereitschaftszustand eingeschalteten elektrischen Bauteile des Brennstoffzellensystems 11 werden dabei aus dem Wechselspannungsnetz 6 mit elektrischer Energie versorgt.

Der Druck des Stickstoffs aus dem Tank 45 wird über den Abscheider 19 des Anodenkreislaufs 16 in den Anodenraum 13 übertragen. Dieser Druck ist dabei über den Druckminderer 44 auf einen erwünschten Wert, beispielsweise auf 2 bar einstellbar. Das Methanol/Wasser-Gemisch steht damit unter diesem Druck an der Membran 15 an.

Die Membran 15 ist protonenleitend. Das im Anodenraum 13 vorhandene Methanol/Wasser-Gemisch wird unter Abgabe von Wasserstoffprotonen und Elektronen in Kohlendioxid umgewandelt. Die Wasserstoffprotonen gelangen durch die Membran 15 hindurch und reagieren mit dem in dem Kathodenraum 14 vorhandenen Sauerstoff zu Wasser. Durch die bei dieser chemischen Reaktion gebildeten Elektronen entsteht die bereits erwähnte elektrische Spannung bzw. der elektrische Strom auf der elektrischen Leitung 12.

Im Bereitschaftszustand des Brennstoffzellensystems 11 ist der Kathodenraum 14, wie erläutert, zumindest einseitig abgeschlossen, so daß der Sauerstoff in dem Kathodenraum 14 wohl vorhanden ist, jedoch diesen nicht durchströmen kann. Dies hat zur Folge, daß die genannte chemische Reaktion im Umfang des vorhandenen Sauerstoffs stattfindet, dann jedoch zum Stillstand kommt. Auf diese Weise entsteht eine elektrische Spannung auf der Leitung 12.

Würde das Brennstoffzellensystem 11 in dem beschriebenen Bereitschaftszustand mit einer elektrischen Last, beispielsweise von den Verbrauchern 2 beaufschlagt werden, so hätte dies zur Folge, daß die genannte Spannung aufgrund des abgeschlossenen Kathodenraums 14 und der damit begrenzten Menge an vorhandenem Sauerstoff relativ schnell absinken würde. Der von dem Brennstoffzellensystem lieferbare Strom wäre ebenfalls relativ gering. Der Spannungsverlauf wie auch der Stromverlauf wäre dabei von dem Volumen des Anodenraums 13 und des Kathodenraums 14 abhängig. Dabei würden sich der Spannungsverlauf und der Stromverlauf verbessern, je größer das Volumen wäre, je mehr sogenannte Stacks also das Brennstoffzellensystem 11 aufweisen würde, und je mehr Sauerstoff somit für eine Reaktion vorhanden wäre.

Wird nun ein Ausfall des Wechselspannungsnetzes 6 von dem Steuergerät 9 erkannt, so wird das Magnetventil 28 geöffnet. Damit geht das Brennstoffzellensystem 11 in seinen Betriebszustand über. Dies hat zur Folge, daß der Kathodenraum 14 nicht mehr abgeschlossen ist, und daß damit der Sauerstoff durch den Kathodenraum 14 hindurchströmen kann. Es kann damit eine permanente chemische Reaktion in dem Brennstoffzellensystem 11 stattfinden. Es reagiert also fortwährend das Methanol/Wasser-Gemisch in dem Anodenraum 13 unter Abgabe von Wasserstoffprotonen und Elektronen zu Kohlendioxid, und es reagieren die durch die Membran hindurchgetretenen Wasserstoffprotonen mit dem Sauerstoff in dem Kathodenraum 14 zu Wasser. Durch die

permanent erzeugten Elektronen wird fortwährend eine Spannung bzw. ein Strom auf der Leitung 12 zur Verfügung gestellt.

Diese elektrische Spannung auf der Leitung 12 wird über die Kapazität 10 gepuffert und über die Wechselrichter 7 an die elektrischen Verbraucher 2 weitergegeben, die somit nunmehr von dem Brennstoffzellensystem 11 mit Strom versorgt werden. In diesem Betriebszustand des Brennstoffzellensystems 11 ersetzt somit das Brennstoffzellensystem 11 die Energieversorgung der Verbraucher 2 aus dem Wechselspannungsnetz 6.

Bei dem Übergang von dem Bereitschaftszustand in den Betriebszustand werden zusätzlich zu dem bereits erwähnten Magnetventil 28 auch das Bypass-Magnetventil 35 und das Magnetventil 42 geöffnet. Des weiteren wird der Motor 36 und damit die Kompressor-Expander-Einheit 37, die Pumpe 41 und die Kühlmittelpumpe 22 eingeschaltet sowie die Heizung 20 ausgeschaltet.

Die in dem Betriebszustand eingeschalteten elektrischen Bauteile des Brennstoffzellensystems 11 werden dabei aus dem Brennstoffzellensystem 11 selbst mit elektrischer Energie versorgt.

In dem Betriebszustand wird durch die permanent ablaufende chemische Reaktion Wärme erzeugt. So verläßt das Methanol/Wasser-Gemisch den Anodenraum 13 mit einer Temperatur von etwa 110 Grad und wird danach von dem Kühler 18 auf eine Temperatur von etwa 40 Grad abgekühlt. In dem nachfolgenden Abscheider 19 wird gasförmiges Kohlendioxid ausgeschieden und über das geöffnete Magnetventil 42 dem katalytischen Brenner 29 zugeführt. Dort wird das abgeschiedene Kohlendioxid zusammen mit gegebenenfalls ebenfalls abgeschiedenem restlichen Methanol verbrannt.

Die entstehenden Abgase werden von der eingeschalteten Kompressor-Expander-Einheit 37 entspannt und mit Hilfe des Kühlers 39 wird das Wasser wieder zurückgewonnen. Dieses Wasser kann über die eingeschaltete Pumpe 41 dem Abscheider 19 des Anodenkreislaufs 16 zugeführt werden.

Das in dem Abscheider 19 vorhandene abgekühlte Methanol/Wasser-Gemisch gelangt nunmehr über das Thermostatventil 21 wieder zum Anodenraum 13. Dabei wird das Methanol/Wasser-Gemisch über den Abscheider 24 und in Abhängigkeit von dem Thermostatventil 21 mit gerade soviel heißem Methanol/Wasser-Gemisch vermischt, daß insgesamt ein Gemisch von etwa 90 Grad bis etwa 110 Grad entsteht, das dann in der Anodenzuleitung 23 vorhanden ist. Überschüssiges heißes Methanol/Wasser-Gemisch gelangt aus dem Abscheider 24 zu dem Kühler 18.

Des weiteren ist in dem Betriebszustand des Brennstoffzellensystems 11 die Dosierpumpe 25 eingeschaltet, so daß neues Methanol dem Anodenkreislauf 16 hinzugefügt wird.

In einem ersten kurzen Zeitraum von etwa 2 sec bis etwa 4 sec nach dem Übergang von dem Bereitschaftszustand in den Betriebszustand des Brennstoffzellensystems 11 wird dem Kathodenraum 14 der Sauerstoff aus dem Tank 33 zugeführt. In diesem Zeitraum läuft die mit dem Übergang eingeschaltete Kompressor-Expander-Einheit 37 hoch und erreicht seine Betriebsdrehzahl. Während dieses Hochlaufens wird die von dem Kompressorteil der Kompressor-Expander-Einheit 37 über das Filter 38 angesaugte Luft über das geöffnete Bypass-Magnetventil 35 weitergegeben. Nach dem Hochlaufen, also nach Ablauf des genannten Zeitraums, wird das Magnetventil 34 geöffnet und das Bypass-Magnetventil 35 wieder geschlossen. Damit wird die von dem Kompressorteil der Kompressor-Expander-Einheit 37 angesaugte Luft dem Kathodenraum 14 zugeführt. Der Kathodenraum 14 erhält somit über die angesaugte Luft den für die chemische Reaktion erforderlichen Sauerstoff. Das Ma-

gnentventil 32 wird danach in einen geschlossenen Zustand überführt, so daß kein weiterer Sauerstoff von dem Tank 33 mehr zu dem Kathodenraum 14 strömen kann.

Das Brennstoffzellensystem 11 stellt somit in seinem Betriebszustand nach einem Ausfall des Wechselspannungsnetzes 6 mittels des aus dem Tank 33 gelieferten Sauerstoffs eine unterbrechungsfreie Stromversorgung der Verbraucher 2 sicher. Nach einem Umschalten auf den Kompressor 37 und einem Abschalten des Tanks 33 stellt das Brennstoffzellensystem 11 eine Netzersatzanlage dar, die im wesentlichen nur noch Methanol verbraucht. Der Sauerstoff im Tank 33 und der Stickstoff im Tank 45 werden nur geringfügig oder gar nicht mehr verbraucht.

Im Bereitschaftszustand ist der Verbrauch von Sauerstoff, Stickstoff und Methanol durch das Brennstoffzellensystem 11 nahezu Null. Es wird nur in gewissen zeitlichen Abständen elektrische Energie für die Heizung 20 und die Kühlmittelpumpe 22 verbraucht.

#### Patentansprüche

1. Brennstoffzellensystem (11) mit einem Anodenraum (13) und einem Kathodenraum (14), die durch eine protonenleitende Membran (15) voneinander getrennt sind, wobei im Betriebszustand dem Anodenraum (13) ein Brennstoff, insbesondere ein Wasser/Methanol-Gemisch, und dem Kathodenraum (14) ein Oxidator, insbesondere Sauerstoff, zuführbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß in einem Bereitschaftszustand der Kathodenraum (14) nicht durchströmbar ist und der Oxidator in dem Kathodenraum (14) vorhanden ist.
2. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Oxidator unter Druck an der Membran ansteht.
3. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Kathodenraum mit einer Kathodenableitung verbunden ist, die mit einem Sperrglied, insbesondere einem Magnetventil, versehen ist, das in dem Bereitschaftszustand geschlossen ist.
4. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Kathodenraum mit einer ersten Kathodenzuleitung verbunden ist, die über ein Sperrglied, insbesondere ein Magnetventil und/oder einen Druckminderer mit mindestens einem mit dem Oxidator gefüllten Tank oder dergleichen verbunden ist.
5. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Kathodenraum mit einer zweiten Kathodenzuleitung verbunden ist, die über ein Sperrglied, insbesondere ein Magnetventil, mit einem ein Gas, insbesondere Luft, ansaugenden Kompressor oder dergleichen verbunden ist.
6. Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Bereitschaftszustand der Brennstoff in dem Anodenraum vorhanden ist.
7. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Brennstoff unter Druck an der Membran ansteht.
8. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Anodenraum zur Zuführung des Brennstoffs mit einem Anodenkreislauf verbunden ist.
9. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Anodenkreislauf mit einer Pumpe und einer Heizung versehen ist.
10. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 8 oder 9,

dadurch gekennzeichnet, daß der Anodenkreislauf unter einem Druck steht, insbesondere unter einem Stickstoffdruck.

11. Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Anodenraum und der Kathodenraum in einem gasdichten und gegebenenfalls zusätzlich wärmedichten Gehäuse untergebracht sind.

12. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse unter einem Druck steht, insbesondere unter einem Stickstoffdruck.

13. Anordnung zur unterbrechungsfreien Stromversorgung mindestens eines elektrischen Verbrauchers, dessen Energie im Normalfall einem Wechselspannungsnetz und bei Ausfall des Wechselspannungsnetzes einem Brennstoffzellensystem entnehmbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche vorgesehen ist, wobei im Normalfall sich das Brennstoffzellensystem im Bereitschaftszustand befindet.

14. Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems, das mit einem Anodenraum und einem Kathodenraum versehen ist, die durch eine protonenleitende Membran voneinander getrennt sind, wobei im Betriebszustand dem Anodenraum ein Brennstoff, insbesondere ein Wasser/Methanol-Gemisch, und dem Kathodenraum ein Oxidator, insbesondere Sauerstoff, zugeführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Bereitschaftszustand der Kathodenraum nicht durchströmbar ausgestaltet wird und der Kathodenraum mit dem Oxidator gefüllt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Oxidator unter Druck an der Membran anstehend erzeugt wird.

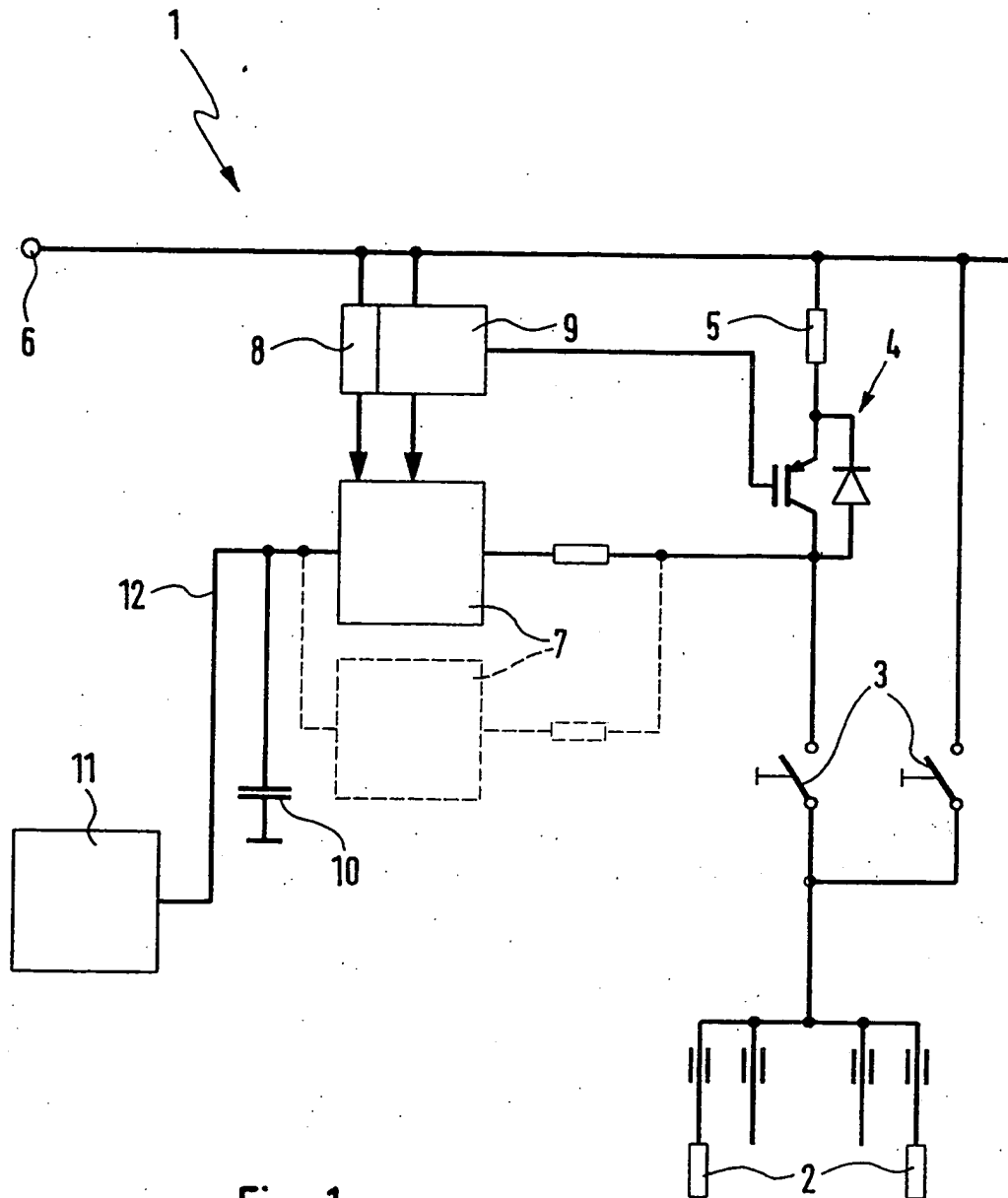
16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Bereitschaftszustand der Anodenraum mit dem Brennstoff gefüllt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Brennstoff unter Druck an der Membran anstehend erzeugt wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß für einen Übergang von dem Bereitschaftszustand in den Betriebszustand der Kathodenraum geöffnet und der Oxidator dem Kathodenraum zugeführt wird.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Oxidator zuerst aus einem Tank dem Kathodenraum zugeführt wird, und daß dann ein Gas, insbesondere Luft, in den Kathodenraum angesaugt wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen



**Fig. 1**

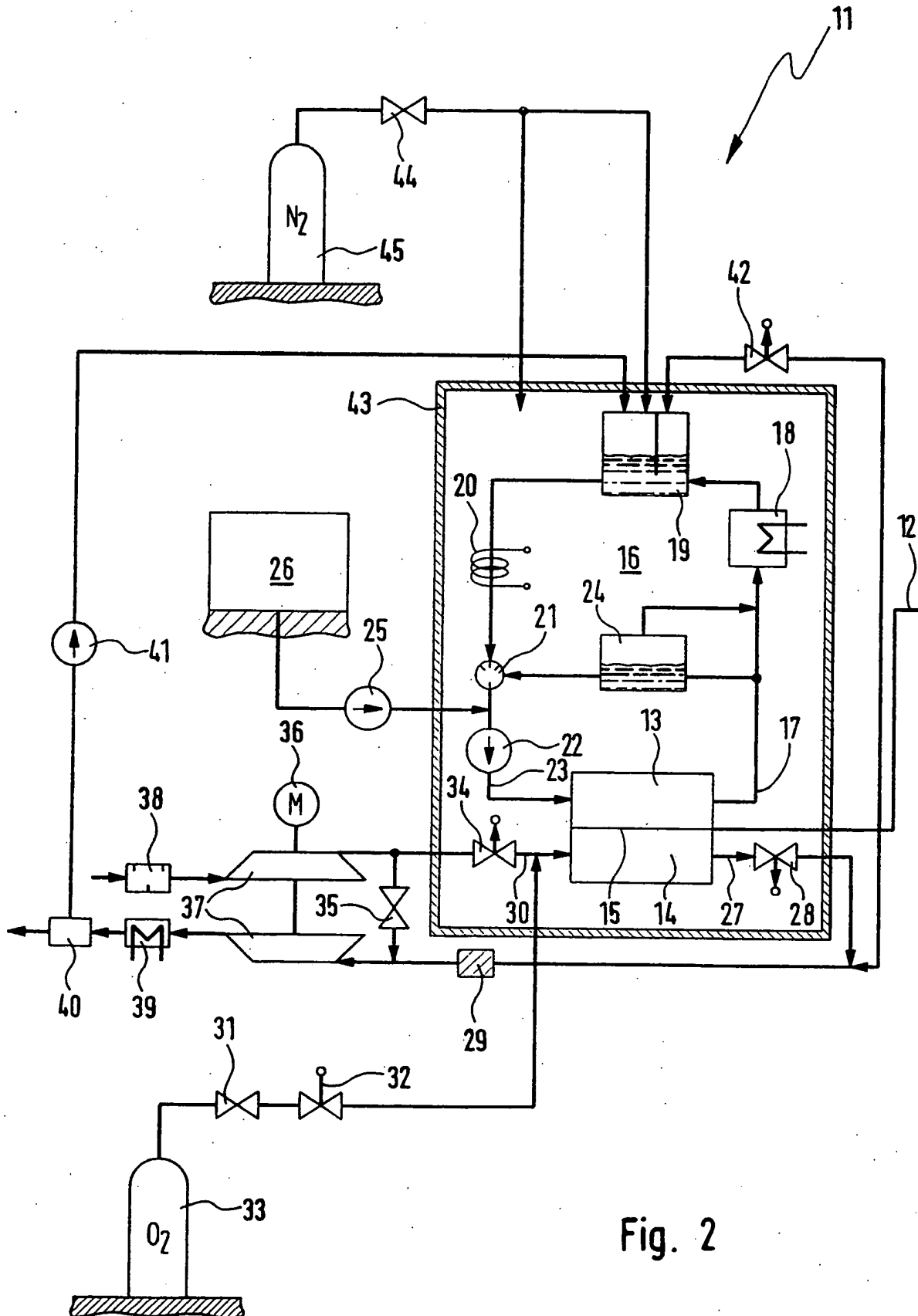


Fig. 2